

=> s de3440473/pn  
L2 1 DE3440473/PN

=> d .kurz

L2 ANSWER 1 OF 1 WPINDEX COPYRIGHT 2000 DERWENT INFORMATION LTD  
AN 1986-125944 [20] WPINDEX  
TI Workpiece surface crack detection method - using digital  
evaluation of camera images in binary form using masking of  
image features.

AB DE 3440473 A UPAB: 19930922

The method involves evaluating camera images of the surface prepared with magnetic powder or colouring. The digitised image information based on grey values is stored as a matrix of digital image points for computer processing. A binary image is generated in which a defined number of bits extracted from bit extreme values are combined into one bit. All line and point images less than a defined number of image points are eliminated.

The remaining flat image structures are expanded by at least one image point in each direction. The resulting binary image is extracted as a flat structure mask from the initial binary image. If a defined number of consecutive points is detected in the remaining image a sorting function is triggered.

ADVANTAGE - Discrimination of area and linear features.

0/3

PA (DEUT-N) DEUTSCH K PRUF & ME

**This Page Blank (uspto)**

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑪ **DE 3440473 A1**

⑤ Int. Cl. 4:  
**G01 N 27/84**  
G 01 N 21/91

⑳ Aktenzeichen: P 34 40 473.2  
㉑ Anmeldetag: 6. 11. 84  
㉒ Offenlegungstag: 7. 5. 86

DE 3440473 A1

㉓ Anmelder:

Karl Deutsch Prüf- und Meßgerätebau GmbH + Co  
KG, 5600 Wuppertal, DE

㉔ Vertreter:

Künneht, H., Dipl.-Phys., Pat.-Anw., 3000 Hannover

㉕ Erfinder:

Deutsch, Volker, Dr.-Ing., 5600 Wuppertal, DE; Wahl,  
Gerhard, Dipl.-Ing., 5650 Solingen, DE; Roddeck,  
Werner, Dr.-Ing., 5620 Velbert, DE

*Behördenstempel*

㉖ Verfahren und Vorrichtung zur Feststellung von Rissen auf der Oberfläche von Werkstücken

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Feststellung von Rissen auf der Oberfläche von Werkstücken, bei dem bzw. mit der mittels einer Bildaufnahme-Kamera ein Bild der vorzugsweise mittels des Magnetpulververfahrens oder des Farbeindringverfahrens vorbehandelten Werkstücksoberfläche aufgenommen und die daraus erhaltene Bildinformation abgetastet und ausgewertet wird. Um eine im industriellen Rahmen praktikable Möglichkeit zu schaffen, um hierbei den Arbeitsgang der Rißerkennung und -auswertung zu automatisieren bei gleichzeitiger Diskriminierung sowohl von flächigen als auch von linienförmigen Scheinanzeigen, wird gemäß der Erfindung die Bildinformation des Kamera-Bildes hinsichtlich der Grauwerte digitalisiert und die so erhaltenen Digitalwerte werden in einem Halbleiterspeicher als eine Matrix von Bildpunkten abgelegt, die mittels eines Rechners in der Weise verarbeitet wird, daß in einem ersten Verarbeitungsschritt nach einer vorgebbaren Rechenoperation ein Binärbild hergestellt wird, aus dem in einem zweiten Verarbeitungsschritt alle Anzeigen linien- und punktförmiger Strukturen, deren Ausdehnung eine vorgebbare Anzahl von Bildpunkten nicht überschreitet, eliminiert werden, wonach in einem dritten Verarbeitungsschritt die verbliebenen Anzeigen flächiger Strukturen in jeder Abbildungsrichtung auf eine ihre ursprüngliche Ausdehnung um mindestens einen Bildpunkt überschreitende Ausdehnung verbreitert werden und in einem vierten ...

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

Fernsprecher: 804 249  
Postscheckkonto: 2584 47-302 Hannover  
Bankkonto: 1 520 015 Dresdner Bank.  
BLZ 250 800 20

**Anmelderin:**

**Firma**

**Karl Deutsch Prüf- und Meßgerätebau  
GmbH + Co KG**

Otto-Hausmann-Ring 101  
Postfach 13 23 54  
5600 Wuppertal 1

3 HANNOVER, den 25.9.  
Adickesstraße 9 (Hochhaus)

Ihr Zeichen:

Mein Zeichen: DW 184301 d

**BEZIEHT: Patentansprüche:**

1. Verfahren zur Feststellung von Rissen auf der Oberfläche von Werkstücken, bei dem mittels einer Bildaufnahme-Kamera ein Bild der vorzugsweise mittels des Magnetpulververfahrens oder des Farbeindringverfahrens vorbehandelten Oberfläche aufgenommen und die daraus erhaltene Bildinformation abgetastet und ausgewertet wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Bildinformation des Kamera-Bildes hinsichtlich der Grauwerte digitalisiert und die so erhaltenen Digitalwerte als eine Matrix von Bildpunkten in einem Halbleiterspeicher abgelegt werden, die mittels eines Rechners in der Weise verarbeitet wird, daß
  - a) in einem ersten Verarbeitungsschritt ein Binärbild hergestellt wird, indem für jeden Bildpunkt der Matrix eine vorgebbare Anzahl von aus dem Bit-Extremwert (MSB bzw. LSB) abgeleiteten Bits durch logische Verknüpfung nach einer vorgebbaren Rechenoperation zu einem Bit zusammengefaßt werden,
  - b) in einem zweiten Verarbeitungsschritt aus diesem Binärbild alle Anzeigen linien- und punktförmiger Strukturen, deren Ausdehnung eine vorgebbare Anzahl von Bildpunkten nicht überschreitet, eliminiert werden,
  - c) daß in einem dritten Verarbeitungsschritt die danach verbliebenen Anzeigen flächiger Strukturen in jeder

Abbildungsrichtung auf eine ihre ursprüngliche Ausdehnung um mindestens einen Bildpunkt überschreitende Ausdehnung verbreitert werden,

5 d) in einem vierten Verarbeitungsschritt das so erhaltene Binärbild als eine alle flächigen Strukturen abdeckende Maske von dem Ausgangs-Binärbild (Verarbeitungsschritt 1a) abgezogen wird und

10 d) das danach verbleibende Binärbild zwecks Auswertung zeilen- bzw. spaltenweise abgetastet wird und die dabei detektierten Anzeigen enthaltenden Bildpunkte gezählt werden, wobei, wenn beim Abtasten einer Serie von unmittelbar benachbarten Bildpunkten eine vorgebbare Mindest-Anzahl von Anzeigen gezählt worden ist, ein Sortierbefund ausgelöst wird.

15

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei gegenüber dem Hintergrund hellen Rißanzeigen das Binärbild aus der Matrix dadurch gewonnen wird, daß, mit dem höchstwertigen Bit (MSB) beginnend, für  
20 jeden einzelnen Bildpunkt eine vorgebbare Anzahl niederwertiger Bits im Sinne einer logischen UND-Verknüpfung zu einem Bit zusammengefaßt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei gegenüber dem Hintergrund dunklen Rißanzeigen das Binärbild aus der Matrix dadurch gewonnen wird, daß, mit dem niederwertigsten Bit (LSB) beginnend, für  
25 jeden einzelnen Bildpunkt eine vorgebbare Anzahl höherwertiger Bits im Sinne einer logischen ODER-Verknüpfung zu einem Bit zusammengefaßt werden.  
30

4. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Eliminierung der Anzeigen linien- und punktförmiger Strukturen im Binärbild  
35 dadurch erfolgt, daß alle Anzeigen um eine vorgebbare Anzahl von n Bildpunkten vermindert werden.

5. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbreiterung der Anzeigen flächiger Strukturen im Binärbild dadurch erfolgt, daß alle Anzeigen um eine vorgebbare Anzahl von  $n+m$  Bildpunkten ( $m \geq 1$ ) verbreitert werden.
6. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausgangs-Matrix für das Binärbild aus zwei in zeitlichem Abstand aufgenommenen Kamera-Bildern des gleichen Objekts in der Weise gewonnen wird, daß die Grauwerte einzelner Bildpunkte der beiden Kamera-Bilder miteinander multipliziert und sich dabei ergebende Grauwerte, die einem größeren als dem maximal möglichen entsprechen würden, auf diesen normiert werden.
7. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausgangs-Matrix für das Binärbild aus zwei in zeitlichem Abstand aufgenommenen Kamera-Bildern des gleichen Objekts in der Weise gewonnen wird, daß die Grauwerte einzelner Bildpunkte der beiden Kamera-Bilder im Sinne einer logischen UND-Funktion miteinander verknüpft werden.
8. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich ein Kamera-Bild eines mit dem Prüfling geometrisch identischen, rißfreien Objekts erstellt und dieses nach einem der Ansprüche 1 bis 3 als Matrix abgespeichert und zu einem Binärbild gewandelt wird, dessen Anzeigen in jeder Bild-Richtung um eine vorgebbare Anzahl von Bildpunkten verbreitert werden und das dann benutzt wird, um aus dem vom Prüfling gewonnenen Binärbild alle linienförmigen Geometrieanzeigen auszumaskieren.
9. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das nur noch

linien- oder punktförmige Strukturen enthaltende Binärbild nach einem Rißerkennungs-Algorithmus bearbeitet wird, bei dem, wenn bei der zeilen- bzw. spaltenweisen Abtastung ein Bildpunkt mit einer Anzeige detektiert wird, dessen unmittelbar benachbarte Bildpunkte nach einer Anzeige abgetastet werden und

- falls eine solche detektiert wird, die davor detektierten Anzeigen gelöscht, gleichzeitig damit ein Zähler inkrementiert und die der zuletzt detektierten Anzeige unmittelbar benachbarten Bildpunkte abgetastet werden und

- falls keine Anzeige in den einer detektierten Anzeige unmittelbar benachbarten Bildpunkten detektiert wird, das zeilen- bzw. spaltenweise Abtasten bei dem Ausgangsbildpunkt (einer Serie unmittelbar benachbarter Anzeigen) fortgesetzt wird, wobei

- wenn beim Abtasten unmittelbar benachbarter Bildpunkte eine vorgebbare Mindestanzahl von Anzeigen gezählt ist, ein Sortierbefund ausgelöst wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß bei Rißanzeigen, die breiter sind als ein Bildpunkt, die rückwärts führende Abtastung benachbarten Bildpunkte unterbleibt.

11. Vorrichtung zur Feststellung von Rissen auf der mittels des Magnetpulververfahrens oder des Farbeindringverfahrens vorbehandelten Oberfläche von Werkstücken mit einer Bildaufnahme-Kamera für die Herstellung von Bildern der Werkstückoberfläche und einer Vorrichtung zum Abtasten und Auswerten dieser Bilder, gekennzeichnet durch ein rechnergesteuertes Bildverarbeitungssystem als Bild-Abtast- und Auswertevorrichtung, dessen Rechner-Zentraleinheit (5) die im Rechner-Arbeitsspeicher (4) abgelegten Daten entsprechend dem Algorithmus nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 10 verarbeitet und das mittels eines von der Zentraleinheit (5) gesteuerten

und mit dieser über einen Datenbus ( $B_D$ ) verbundenen Digital-Analogwandler (2) an die Kamera (1) angeschaltet bzw. anschaltbar ist, dessen gewandelte Bildinformationen im DMA-Betrieb über den Datenbus ( $B_D$ ) in einen ebenfalls  
5 von der Zentraleinheit (5) gesteuerten Bildspeicher (3) übertragbar sind, von dem aus sie über den Datenbus ( $B_D$ ) in den Arbeitsspeicher (4) interferierbar sind zur Verarbeitung durch die Zentraleinheit (5), die mit den Speichern (3 und 4) über einen Adressbus ( $B_A$ )  
10 verbunden ist und einen Anzeigenzähler sowie eine Signalmeldevorrichtung steuert.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, gekennzeichnet durch einen Bildschirm (9) für die Sichtbarmachung der Bild-  
15 information sowie eine Tastatur (8) für die interaktive Bildbearbeitung.

Verfahren und Vorrichtung zur Feststellung von Rissen  
auf der Oberfläche von Werkstücken.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Feststellung von Rissen auf der Oberfläche von Werkstücken, bei dem mittels einer Bildaufnahme-Kamera ein Bild der vorzugsweise mittels des Magnetpulververfahrens oder des Farbeindringverfahrens vorbehandelten Oberfläche aufgenommen und die daraus erhaltene Bildinformation abgetastet und ausgewertet wird. Weiterhin betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur Ausübung dieses Verfahrens, die eine Bildaufnahme-Kamera sowie eine Bild-Abtast- und -Auswerteeinrichtung umfaßt.

Oberflächenrisse stellen für dauerbeanspruchte Werkstücke besonders gefährliche Fehler dar. Demgemäß müssen z.B. Sicherheitsteile in der Automobil-Industrie vor ihrem Einbau zerstörungsfrei geprüft werden. Dazu wird vorzugsweise das bekannte Magnetpulververfahren oder das gleichfalls bekannte Farbeindringverfahren verwendet. Bei beiden Prüfverfahren werden die für das menschliche Auge nicht erkennbaren Risse auf der Oberfläche kontrastreich verbreitert dargestellt, sodaß ein Prüfer die Anzeigen sicher erkennen kann.

Die visuelle Auswertung solcher Anzeigen stellt insbesondere bei der Prüfung von Massenteilen eine monotone Arbeit bei erheblicher Belastung der Augen des Prüfpersonals dar. Das wirkt sich nachteilig auf die Konzentrationsfähigkeit mit daraus resultierenden Fehlermöglichkeiten aus.

Um hier Abhilfe zu schaffen durch Automatisierung des Arbeitsganges der Auswertung von mittels des Magnetpulververfahrens oder des Farbeindringverfahrens erhaltenen Rißanzeigen, sind ein Verfahren und eine Vorrichtung

bekannt geworden, wie sie in der deutschen Patentschrift  
26 35 042 beschrieben sind. Hierbei wird die Oberfläche  
des Werkstücks zeilenweise abgetastet, wobei die Breite  
jeder einzelnen Abtastzeile gleich dem N-ten ( $N =$  eine  
5 natürliche Zahl) Teil der größten auszuwertenden Rißbreite  
gewählt wird, jeweils die beim Abtasten erzeugten Bild-  
signale von  $N$  aufeinanderfolgenden Abtastzeilen einerseits  
mit den Bildsignalen von  $N$  vorangehenden und  $N$  nachfolgen-  
den aufeinanderfolgenden Abtastzeilen andererseits vergli-  
10 chen werden, und ein Fehlersignal jeweils dann erzeugt  
wird, wenn die Differenz zwischen den Bildsignalen der  
 $N$  vorangehenden und der  $N$  nachfolgenden Abtastzeilen  
von einem vorgegebenen Schwellwert abweicht. Die Vor-  
richtung zur Ausübung dieses Verfahrens besteht aus  
15 einer elektrooptischen Einrichtung zur zeilenweisen  
Abtastung der Werkstück-Oberfläche und zur Erzeugung  
von Bildsignalen sowie aus einer speziellen Hardware-  
Einrichtung mit Steuereinrichtung zum Einstellen der  
Breite der Abtastzeilen, Vergleicherschaltung zum Ver-  
20 gleich der Bildsignale der Abtastzeilen und Einrichtung  
zum Erzeugen eines Fehlersignals.

Das bekannte Verfahren bietet eine recht kostengünstige  
Lösung, um auf automatischem Wege linienförmige Anzeigen,  
25 wie sie durch Risse hervorgerufen werden, von flächigen  
Anzeigen, also Scheinanzeigen, wie sie insbesondere  
von Prüfmittelflecken herrühren, zu unterscheiden. Jedoch  
bietet das Verfahren nicht die Möglichkeit, linienförmige  
Scheinanzeigen, wie sie von Werkstückkanten oder von  
30 Gewinden, Verzahnungen und Nuten hervorgerufen werden,  
von Rißanzeigen zu unterscheiden. Überdies ist mit der  
bekannten Vorrichtung eine Anzeigenbewertung nicht mög-  
lich, wenn die Aufnahme sehr kontrastarm ist und dieser  
Kontrast zur Auswertung nicht mehr ausreicht, da der  
35 Kontrast des aufgenommenen Bildes nicht nachträglich  
durch Bildbearbeitung erhöht bzw. das Bildrauschen her-  
kömmlicher IV-Kamera's nicht reduziert werden kann.

Der Erfindung hat die Aufgabe zugrunde gelegen, eine im industriellen Rahmen praktikabele Möglichkeit zu schaffen, um bei der zerstörungsfreien Prüfung von Werkstücken auf Oberflächenrisse den Arbeitsgang der Riß-erkennung und -auswertung zu automatisieren bei gleichzeitiger Diskriminierung sowohl von flächigen Scheinanzeigen als auch von linienförmigen Scheinanzeigen, wie sie von der Werkstückgeometrie (Außenkanten, Gewinde, Kerbverzahnungen u.ä.) hervorgerufen werden. Überdies ist durch die Erfindung die Flexibilität im Sinne einer Anpassung an die stark wechselnde Problemstellung bezüglich Bildkontrast, Rißbreiten und Werkstückgeometrie erhöht worden.

Die Erfindung besteht darin, daß die Bildinformation eines Kamera-Bildes der vorzugsweise mittels des Magnetpulver-Verfahrens oder des Farbeindring-Verfahrens vorbehandelten Werkstückoberfläche hinsichtlich der Grauwerte digitalisiert und die so erhaltenen Digitalwerte als eine Matrix von Bildpunkten in einem Halbleiterspeicher abgelegt werden, die mittels eines Rechners in der Weise verarbeitet wird, daß

- a) in einem ersten Verarbeitungsschritt ein Binärbild hergestellt wird, indem für jeden Bildpunkt der Matrix eine vorgebbare Anzahl von aus dem Bit-Extremwert (MSB bzw. LSB) abgeleiteten Bits durch logische Verknüpfung nach einer vorgebbaren Rechenoperation zu einem Bit zusammengefaßt werden,
- b) in einem zweiten Verarbeitungsschritt aus diesem Binärbild alle Anzeigen linien- und punktförmiger Strukturen, deren Ausdehnung eine vorgebbare Anzahl von Bildpunkten nicht überschreitet, eliminiert werden,
- c) in einem dritten Verarbeitungsschritt die danach verbliebenen Anzeigen flächiger Strukturen in jeder Abbildungsrichtung auf eine ihre ursprüngliche Ausdehnung um mindestens einen Bildpunkt überschreitende Ausdehnung verbreitert werden,

- d) in einem vierten Verarbeitungsschritt das so erhaltene Binärbild als eine alle flächigen Strukturen abdeckende Maske von dem Ausgangs-Binärbild (Verarbeitungsschritt 1a) abgezogen wird und
- 5 d) das danach verbleibende Binärbild zwecks Auswertung zeilen- bzw. spaltenweise abgetastet wird und die dabei detektierten Anzeigen enthaltenden Bildpunkte gezählt werden, wobei, wenn beim Abtasten einer Serie von unmittelbar benachbarten Bildpunkten eine vorgebare
- 10 bare Mindest-Anzahl von Anzeigen gezählt worden ist, ein Sortierbefund ausgelöst wird.

Weitere Merkmale der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

15

Die Erfindung ist nachstehend anhand der Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

20

Fig. 1: ein Blockschaltbild eines Ausführungsbeispieles eines rechnergesteuerten Bildverarbeitungssystems als Vorrichtung zur Ausübung des Verfahrens gemäß der Erfindung,

25

Fig. 2a-d: schematische beispielsweise Darstellungen von aus einzelnen Bildpunkten bestehenden Binär-Bild-Anzeigen in den verschiedenen Verarbeitungsstadien gemäß Anspruch 1

und

30

Fig. 3: eine den Ablauf des Rißerkennungsvorganges anhand von 29 Einzelschritten veranschaulichende Darstellung.

35

Das Bildverarbeitungssystem gemäß Fig. 1 weist eine Bildaufnahme-Kamera 1 auf, einen dieser nachgeschalteten schnellen Analog-Digital-Wandler 2, der die Bildinformationen der Kamera 1 in Digitalwerte umwandelt, einen Bildspeicher 3 für die Ablage dieser Digitalwerte in

Form einer Matrix von Bildpunkten, sowie einen Rechner mit einem Arbeitsspeicher 4, in den die Bildinformation aus dem Speicher 3 transfertiert werden kann, um dort entsprechend dem Verfahren gemäß der Erfindung verarbeitet zu werden. Die Zentraleinheit 5 des Rechners steuert über eine Steuerleitung 6 den Analog-Digital-Wandler 2 in der Weise, daß dieser die gewandelten Bildinformationen im DMA-Betrieb über einen Datenbus  $B_D$  in den Bildspeicher 3 überträgt. Der Datenbus  $B_D$  verbindet außer dem Analog-Digital-Wandler 2 auch den Bildspeicher 3 und den Arbeitsspeicher 4 mit der Rechner-Zentraleinheit 5, welche über die Steuerleitung 7 auch den Bildspeicher 3 steuert, mit dem sie ebenso wie mit dem Arbeitsspeicher über einen Adressbus  $B_A$  verbunden ist.

Zur Sichtbarmachung der Bildinformationen kann ein Bildschirm 9 dienen, und über eine Tastatur 8 kann das Bild interaktiv bearbeitet werden. In einer Fertigungsprüfung sind Bildschirm 9 und Tastatur 8 nicht mehr notwendig, da nur noch eine "Gut-Schlecht"-Information erzeugt werden muß.

Die Prüfung kann sich mit einer Vorrichtung gemäß Fig. 1 wie folgt vollziehen:

Nachdem die zu prüfende Werkstückoberfläche nach dem Magnetpulververfahren oder dem Farbeindringverfahren vorbearbeitet worden ist, wird mittels der Kamera 1 ein Bild der Oberfläche aufgenommen. Wenn für die Erzeugung dieses Bildes wegen Kontrastarmut bzw. zu geringer Leuchtintensität der Rißanzeigen mit sehr hoher Kamera-Verstärkung gearbeitet werden muß, bedingt dies automatisch einen sehr hohen Rauschpegel bei der Abbildung, was häufig dazuführt, daß das Bild für eine Rißerkennung nicht verwendbar ist. Hier bietet die Vorrichtung gemäß der Erfindung Abhilfemöglichkeiten, wie sie in den Ansprüchen 6 und 7 gekennzeichnet sind.

- Falls der Rauschpegel zu hoch ist, werden danach zwei räumlich gleiche Bilder des Werkstückes im zeitlichen Abstand  $\Delta t$  aufgenommen, und beide Bilder werden im Bildspeicher 3 abgelegt. Die Korrelation zur Rauschunterdrückung kann dadurch geschehen, daß die Grauwerte von jeweils zwei sich geometrisch entsprechenden Bildpunkten der beiden Bilder miteinander multipliziert werden und der sich dabei ergebende Maximalwert auf den höchsten im Bildsystem möglichen normiert wird.
- 5 Damit wird eine zeitliche Mittelung der Rauschamplituden und damit eine Herabsetzung derselben erreicht, während die tatsächlichen Anzeigen, die ortsfest sind, bis zur Maximalamplitude ausgesteuert werden.
- 10 Für dieses Korrelationsverfahren gemäß Anspruch 6 wird allerdings wegen der Rechenintensivität der Multiplikation aller Grauwerte eine schnelle Zentraleinheit 5 mit ausreichender Wortbreite benötigt.
- 15 Eine technisch weniger aufwendige, vereinfachte Korrelationsmethode zur Rauschpegel-Herabsetzung besteht darin, entsprechend Anspruch 7, die Einzelbits der Grauwerte der beiden um  $\Delta t$  versetzt aufgenommenen, im Bildspeicher 3 abgelegten Bilder im Sinne einer logischen
- 20 UND-Verknüpfung miteinander zu verbinden. Durch dieses wesentlich weniger rechenintensive Verfahren werden vor allem Rauschamplituden hoher Intensität aus dem Kombinationsbild eliminiert.
- 25 Das entweder einfach oder nach einem Korrelationsverfahren hergestellte Graubild erfährt während des ersten Verarbeitungsschrittes mittels des Analog-Digital-Wandlers 2 bei der Erzeugung eines Binärbildes eine (weitere) Reduzierung der Rauschamplituden, da hier durch UND-Verknüpfung aller Bits eines Grauwertes nur noch Bildinfor-
- 30 mationen in das Binärbild übernommen werden, die eine Vollaussteuerung des Analog-Digitalwandlers 2 hervor-
- 35

rufen haben. Diese beruhen im wesentlichen auf Rissen, Flecken vom Prüfmittel oder Geometrieanzeigen. Fig. 2a zeigt schematisch ein Binärbild mit solchen aus einzelnen Bildpunkten zusammengesetzten Anzeigen, von denen die Anzeige R eine Rissanzeige, die Anzeige P eine punktförmige und die Anzeige F eine flächige Scheinanzeige ist, während die Anzeige K eine von einer Kante herrührende Geometrie-Anzeige ist. Es wird im folgenden erläutert, wie derartige Binärbilder gemäß dem zweiten, dritten und vierten Verarbeitungsschritt weiterverarbeitet werden können.

Die Eliminierung aller linien- und punktförmigen Strukturen, deren Ausdehnung eine vorgebbare Anzahl von Bildpunkten nicht überschreitet, im zweiten Verarbeitungsschritt, kann bei dem in Fig. 2a dargestellten Beispiel wie folgt erfolgen: wenn als Höchstpunktanzahl für die zu eliminierenden Anzeigen die Anzahl "zwei" vorgegeben wird, so werden im zweiten Verarbeitungsschritt alle Anzeigen in jeder Bildrichtung um einen Bildpunkt vermindert. Dadurch verschwinden beim Binärbild gemäß Fig. 2a die Anzeigen R, P und K. Bei einer Verminderung um  $n$  Bildpunkte in jeder Bildrichtung verschwinden alle linien- oder punktförmigen Strukturen mit einer Ausdehnung kleiner oder gleich der Bildpunktzahl  $2 \times n$ . Aus dem Binärbild gemäß Fig. 2a wird auf diese Weise durch den zweiten Verarbeitungsschritt das Bild gemäß Fig. 2b gewonnen, in dem nur noch das Zentrum der flächenförmigen Anzeige F (Prüfmittelfleck!) vorhanden ist.

Aus dem Bild gemäß Fig. 2b wird in einem dritten Verarbeitungsschritt das Bild gemäß Fig. 2c erhalten, indem die noch vorhandene(n) Anzeige(n) flächiger Strukturen auf mindestens ihre ursprüngliche Ausdehnung in allen Bildrichtungen verbreitert wird bzw. werden, im vorliegenden Fall also um einen Bildpunkt. Die so erhaltene Anzeige gemäß Fig. 2c überdeckt vollständig die ent-

sprechende Anzeige F in Fig. 2a.

5 In einem vierten Verarbeitungsschritt wird die flächige Bildmaske gemäß Fig. 2c vom Binärbild gemäß Fig. 2a abgezogen. Es verbleibt danach ein Bild entsprechend Fig. 2d, das nur noch punkt- oder linienförmige Anzeigen aufweist, d.h. Anzeigen, die im wesentlichen von Rissen und Kanten herrühren.

10 Die für die Rißerkennung unerwünschten Geometrieanzeigen, wie im vorliegenden Fall die Anzeige K, können aus dem Bild eliminiert werden, indem zusätzlich ein Bild von einem geometrisch gleichen Teil ohne Risse aufgenommen wird und dieses gemäß den vier Verarbeitungsschritten  
15 bearbeitet wird, sodaß letztlich ein Binärbild erhalten wird, das nur noch von linienförmigen Strukturen herrührende Anzeigen aufweist, die bei einem rissfreien Werkstück nur Geometrieanzeigen sein können. Diese werden  
zusätzlich um eine vorgebbare Bildpunktzahl verbreitert.  
20 Das so entstandene Zusatzbild wird wieder als Maske benutzt und von dem Bild gemäß Fig. 2d subtrahiert. Es verbleibt danach ein Bild, das nur noch punktförmige Anzeigen oder linienförmige Anzeigen von Oberflächenrissen enthält.

25 Dieses Bild kann gemäß dem in Fig. 3 veranschaulichten Rißerkennungsalgorithmus ausgewertet werden. In Fig. 3 stellen die einzelnen Punkte Anzeigen in unmittelbar benachbarten Bildpunkten dar. Die einzelnen Schritte  
30 des Algorithmus sind mit den Zahlen 11 bis 39 bezeichnet. Als Mindestrißlänge, für die das System eine Rißmeldung abgeben soll, sei eine 5 Bildpunkten entsprechende Rißlänge vorgegeben.

35 Beim Schritt 11 erfolgt eine Abtastung einer Bildreihe nach möglichen Anzeigen. Da in dieser Reihe keine Anzeige festgestellt wird, erfolgt mit Schritt 12 ein Zeilen-

rücklauf und anschließend die Abtastung der nächstfolgenden Zeile mit Schritt 13. Hierbei wird im Bildpunkt 13' eine Anzeige detektiert, wodurch der Rißlängenzähler ingang gesetzt wird, der eine erste Anzeige einer nun  
5 möglicherweise beginnenden Anzeigen-Serie zählt. Die Detektierung einer Anzeige in einem Bildpunkt löst eine Rund-Um-Abfragung in allen diesem Anzeigen-Bildpunkt unmittelbar benachbarten Bildpunkten aus, beginnend mit dem in der bisherigen Abtastrichtung liegenden un-  
10 mittelbar benachbarten Bildpunkt, die solange fortgesetzt wird, bis in einem solchen unmittelbar benachbarten Bildpunkt eine Anzeige detektiert wird oder die Rund-Um-Abtastung ohne Befund beendet ist. Bei dem angenommenen  
15 Beispiel wird bei den Abtastschritten 14 und 15 keine Anzeige detektiert, wohl aber beim darauffolgenden Schritt 16. Dadurch wird der Rißlängenzähler auf die Anzahl 2 erhöht und der erste gefundene Anzeigen-Bildpunkt gelöscht. Die Abtastung wird nun mit Schritt 17 bei dem dem zuletzt detektierten Anzeigen-Bildpunkt unmit-  
20 telbar benachbarten Bildpunkt, in unveränderter Richtung fortschreitend, fortgesetzt, wobei gleich mit diesem Schritt 17 eine weitere Anzeige detektiert wird. Der Zähler wird nun auf die Zahl 3 gesetzt und der vorausgegangene Anzeigen-Bildpunkt gelöscht. Die nun einsetzende  
25 Abtastung in allen unmittelbar benachbarten Bildpunkten mit den Schritten 18 bis 24 führt nicht zur Detektierung einer Anzeige. Da somit die vorgegebene, 5 Bildpunkten entsprechende Rißlänge nicht erreicht wurde, wird auch der letzte Bildpunkt gelöscht und die zeilenweise Ab-  
30 tastung mit den Schritten 25, 26 und 27 fortgesetzt. Alle Anzeigen-Bildpunkte des zu kurzen Risses sind gelöscht worden.

Beim Zeilen-Abtastschritt 27 wird erneut eine Anzeige  
35 detektiert und der Zähler ingang gesetzt. Entsprechend der vorstehend beschriebenen Vorgehensweise wird auch der mit dieser Anzeige beginnende Riß abgetastet mit

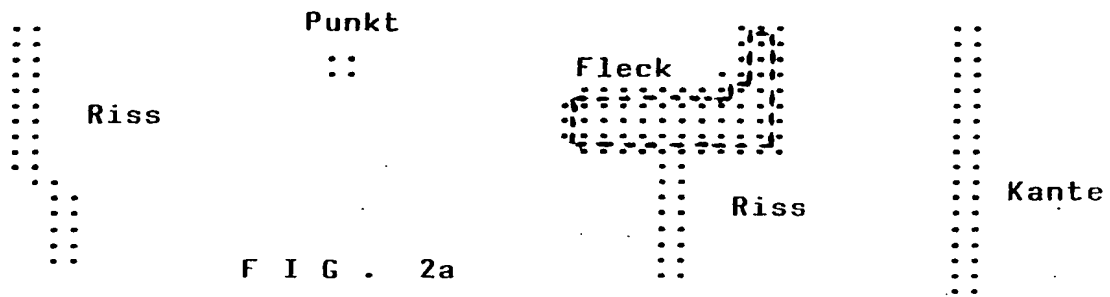
den Schritten 28 bis 39. Da mit der Detektierung des  
5. Anzeigenpunktes beim Schritt 39 die vorgegebene Mindest-  
Anzeigen-Bildpunktanzahl für die Meldung eines Risses  
erreicht ist, bricht der Algorithmus nach Schritt 39  
5 ab und der Rechner bewirkt eine Rißmeldung.

Ist die Rißanzeige breiter als ein Bildpunkt, so kann  
die Detektierung gemäß dem gleichen Algorithmus erfolgen,  
wenn man die rückwärts führenden Suchschritte, wie z.B.  
10 die Schritte 21 und 22 bzw. 25 und 36, nicht zuläßt.

Die Durchführung dieses Algorithmus erfolgt mittels  
des Rechners (Zentraleinheit 5 und Arbeitsspeicher 4)  
des Bildverarbeitungssystems, welcher zu diesem Zweck  
15 mit einem Zähler für die Anzeigenzählung kombiniert  
ist sowie mit einer vom Rechner gesteuerten Vorrichtung  
für die Abgabe einer Rißmeldung.

Der Bildverarbeitungs- und Rißerkennungsalgorithmus  
20 gemäß der Erfindung kann auf fast jedem rechnergesteuerten  
Bildverarbeitungssystem implementiert werden. Dadurch  
können nach Abspeicherung des Bildes oder mehrerer Bilder  
im Halbleiterspeicher die Bildverarbeitungsoperationen  
gemäß der Erfindung vorgenommen werden. Im ungünstigsten  
25 Fall, d.h. bei kompliziert geformten Teilen mit Kanten-  
anzeigen und geringem Kontrast der Rißanzeigen, können  
mit einem Bildverarbeitungssystem mit einer 16-bit Mikro-  
rechner-Zentraleinheit Betrachtungszeiten in der Größe  
der Betrachtungszeit bei konventioneller Betrachtung  
30 durch entsprechend geschultes Personal erreicht werden.  
Wenn das Rißerkennungsproblem weniger kritisch ist,  
so sind kürzere Betrachtungszeiten erreichbar.

Die Programmierung des Rechners entsprechend Ziffer a)  
35 des Anspruchs 1 dient vor allem der Rauschunterdrückung  
und Kontrastverbesserung und die Programmierung ent-  
sprechend den Ziffern b) und c) des Anspruchs 1 der  
flexiblen Anpassung an die aktuelle Rißbreite.

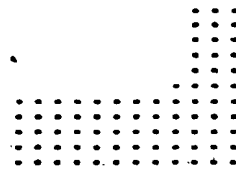


F I G . 2a

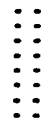
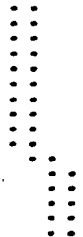
F I G . 2b



F I G . 2c



F I G . 2d



-17-

Nummer:  
Int. Cl. 4:  
Anmeldetag:  
Offenlegungstag:

34 40 473\*  
G 01 N 27/84  
6. November 1986  
7. Mai 1986

3440473

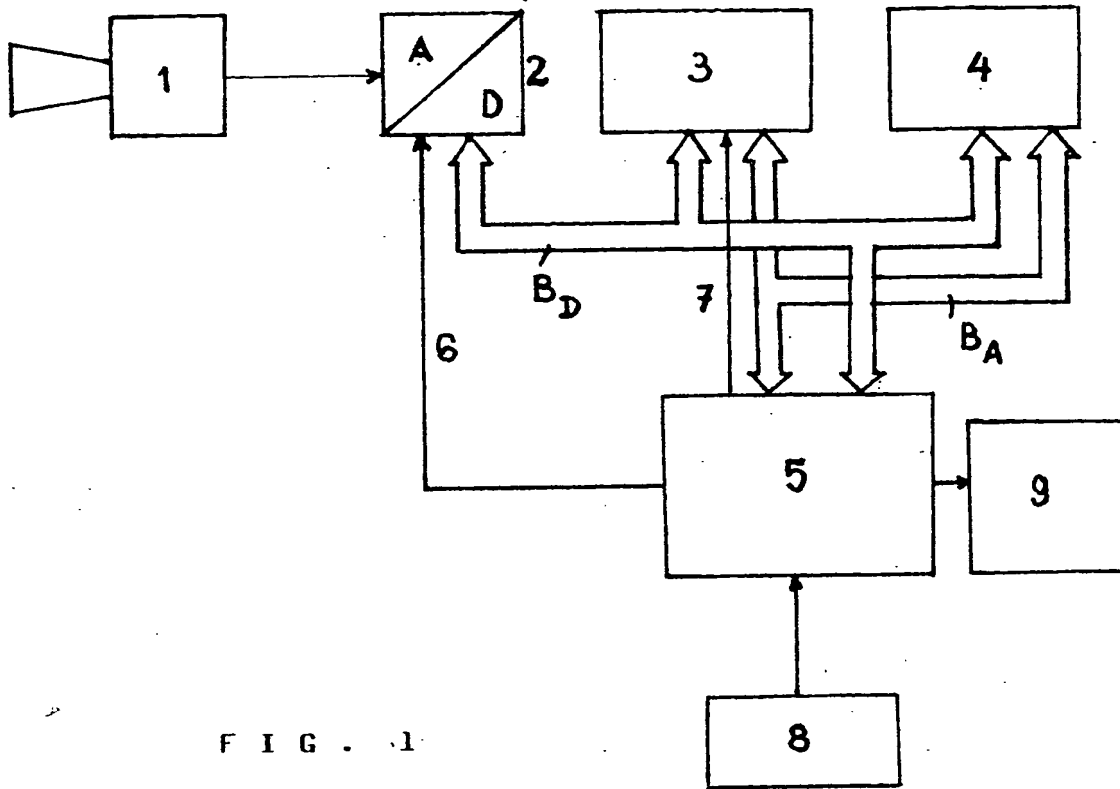


FIG. 1

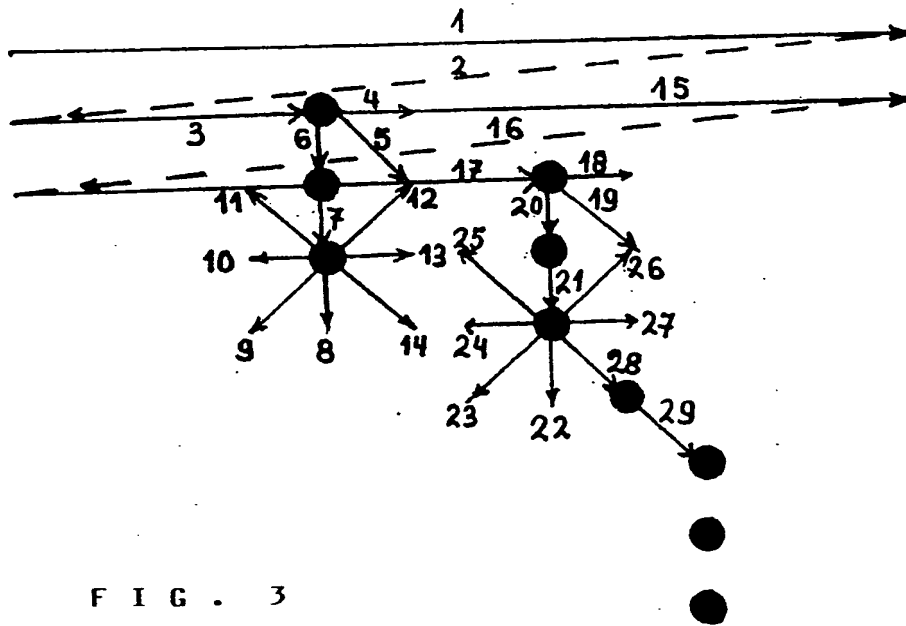


FIG. 3